

通信工程丛书

软交换技术与协议

糜正琨 王文鼎 编著

中国通信学会主编·人民邮电出版社

内 容 提 要

本书系统介绍了支持电信网演进的软交换基本原理、体系结构、协议标准、接入技术和核心网技术，并结合 SURPASS 典型系统介绍了软交换组网方式和电信网演进策略。

全书共分 15 章。第 1 章概要介绍电信网技术发展趋势和演进方向以及软交换体系结构和技术特点。第 2 章至第 5 章系统介绍电信网演进中十分重要的 xDSL 宽带接入技术。第 6 章至第 9 章介绍 ATM 网络技术，包括和 ATM 密切相关的 SDH 基本原理。第 10 章至第 13 章介绍最新的 IP 通信网络技术和协议，包括 IP 接入技术、VoIP 技术、H.248 协议以及核心网中极为重要的 MPLS 技术。第 14 章至第 15 章具体介绍基于软交换技术的 SURPASS 系统。

本书内容翔实、材料丰富，反映了国际上软交换技术和协议的最新进展。可供电信业和计算机业的工程技术人员和管理人员阅读，也可作为高等院校相关专业的教学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

软交换技术协议/糜正琨, 王文韫编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2002.5

ISBN 7-115-10248-1

I. 软... II. ①糜...②王... III. ①通信交换②通信协议 IV. TN91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 020616 号

通信工程丛书

软交换技术与协议

◆ 编 著 糜正琨 王文韫

责任编辑 陈万寿

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67180876

北京汉魂图文设计有限公司制作

印刷厂印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 850×1168 1/32

印张:

字数: 千字 2002 年 5 月第 1 版

印数: 1- 000 册 2002 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-10248-1/TN · 1874

定价: 00.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010)67129223

前 言

在刚过去的 20 世纪的最后 10 年中，电信业经历了重大的技术变革，保持了持续的发展，也面临了巨大的挑战。在 20 世纪 90 年代初，电信业倾注全力研究和开发 ATM 技术，积极部署 ATM 宽带通信网络。20 世纪 90 年代中，随着 WWW 应用的推出，Internet 获得空前的发展，信息通信技术领域展开了关于 ATM 和 IP 技术选择的热烈争论。20 世纪 90 年代后期，得力于光通信技术的突破性进展和 VoIP 技术的逐步完善，电信业和计算机业趋于统一，认同未来通信网的演进方向应是以 IP 为核心的分组网络。基于这一共识，业界大力投资基于 IP 优化光网的基础设施建设。不幸的是，由于缺乏合理的商业模型和有效的业务支持，所建设的网络远未得到充分利用，也就无法获得预期的投资回报。这一事实促使人们冷静地思考，综合市场需求、投资保护和技术发展等多方面因素，认真研究网络演进的策略和技术方案选择。电信业正是顺从这样的轨迹，在 10 年间不断探索和调整自己的发展方向。最近，经过制造业、运营业和技术界的反复研讨和市场论证，提出以软交换作为下一代网络的演进技术，各大制造厂商积极响应，推出各自的解决方案。

和一般技术不同的是，软交换不是传统意义上的单项技术，而是支持网络演进的综合的系统技术。其涵盖面广泛，包括接入网和核心网技术，电路交换和分组交换技术，面向连接的 ATM 和无连接的 IP 技术，传送和控制技术。尤其是众多的接口协议，涉及 IP 网络的电信应用，因此，必须对于两类网络有深入的了解才能切实理解。正因为如此，许多电信界的技术人员非常需要有一本书能够深入浅出地介绍软交换的相关技术，剖析相关的接口协议，这正是作者编写本书的出发点。

直接促成作者编写本书则是由于我院和北京国际交换系统有限公司(BISC)的教学合作。在合作过程中, BISC 公司向我们介绍了该公司基于软交换技术的 SURPASS 网络演进解决方案, 给我们留下了深刻的印象。BISC 公司希望我们能编写一本介绍系统相关协议的书籍, 并愿意提供 SURPASS 的相关材料。作者认为结合 SURPASS 典型系统介绍可以更清晰地阐明软交换的概念和技术内涵, 因此就着手开始本书的编写。

本书编写的原则是围绕软交换体系结构和电信网演进应用背景, 用电信业人士熟悉的语言和思维方式有选择地介绍相关技术和协议, 力图使读者对软交换有一个较为全面和清晰的概念。全书共分 15 章。第 1 章概要介绍电信网技术发展趋势和演进方向以及软交换体系结构和技术特点。第 2~5 章系统介绍电信网向数据化方向演进过程中十分重要的宽带接入技术——xDSL 技术。第 6~9 章介绍 ATM 网络技术, 包括 ATM 基本协议、交换和信令、VOA 技术以及和 ATM 密切相关的 SDH 的基本原理。第 10~13 章介绍和电信应用直接相关的 IP 技术和协议, 包括在电信网环境下的 IP 接入技术、VoIP 技术、媒体网关控制协议以及核心网中极为重要的 MPLS 技术。第 14~15 章则具体介绍基于软交换技术的电信网演进典型系统——SURPASS。其中, 第 1 章、第 10~15 章由糜正琨编写, 第 2~9 章由王文鼎编写。

由于软交换技术涉及面广, 尚处在发展之中, 且容许各厂商采用不同的实现方案, 因此本书只可能对共性的基本技术和协议进行介绍和分析, 在帮助读者理解和掌握各种软交换系统, 构思自己的网络演进方案。即便如此, 由于篇幅和时间有限, 有些很有用的协议还是没有能包含在内, 再加上作者水平有限, 书中难免有欠缺之处, 亟盼读者不吝指正。

在本书编写过程中, BISC 公司提供了 SURPASS 系统的相关资料, 张健和崔龙峰工程师就 SURPASS 的有关章节提出了宝贵的意见, 对于提高本书的完整性和实用性起了很大的作用, 在此表示衷

心的感谢。同时，本书编写自始至终得到人民邮电出版社编辑部门的热忱鼓励和帮助，在此也一并表示感谢。

作者
于 2001 年 10 月

目 录

第 1 章 电信网技术发展和演进策略	1
1.1 电信业务和技术的发展趋势	1
1.1.1 网络业务数据化趋势	1
1.1.2 网络技术分组化趋势	2
1.1.3 网络技术光纤化趋势	6
1.1.4 网络技术无线化趋势	11
1.2 电信网演进策略	12
1.2.1 网络结构演进	12
1.2.2 网络技术演进	15
1.2.3 网络业务演进	25
1.3 软交换技术	26
1.3.1 发展背景	26
1.3.2 网络体系结构	31
1.3.3 接口和协议	36
第 2 章 DSL 技术概述	38
2.1 引言	38
2.2 用户环路的组成结构	40
2.2.1 传统电话网的结构	40
2.2.2 用户环路的结构	42
2.2.3 用户环路规划设计的规则	44
2.3 DSL 的信号环境	48
2.3.1 铜线的传输损耗和容量	48
2.3.2 串扰和其它噪声	50
2.3.3 混合线圈和回波	52

2.4 常用的 DSL 信号处理技术	53
2.4.1 线路编码和调制技术	53
2.4.2 回波抵消	57
2.4.3 信道均衡	57
2.4.4 误码控制	61
第 3 章 高速数字用户线路(HDSL)	67
3.1 基本原理	67
3.1.1 线路编码技术	67
3.1.2 回波抵消技术	68
3.1.3 高速自适应滤波技术	69
3.1.4 HDSL 系统的体系结构	69
3.2 收发信机和线路码	71
3.2.1 收发信机的功能和线路码	71
3.2.2 HDSL 的性能目标	75
3.3 技术标准	77
3.3.1 HDSL 收发信机技术指标	77
3.3.2 扰码和解扰	78
3.3.3 HDSL 的帧结构	80
3.3.4 HDSL 的初始化过程	80
3.4 HDSL2	83
3.4.1 HDSL2 的参考模型和功能	83
3.4.2 HDSL2 的帧结构	85
3.4.3 初始化过程	87
第 4 章 ADSL	90
4.1 基本原理	90
4.1.1 ADSL 的基本体系结构	91
4.1.2 CAP/QAM 调制技术	93
4.1.3 DMT 调制技术	96
4.1.4 FEC 和间插技术	99

4.2 收发信机和线路码·····	102
4.2.1 DMT ADSL 的线路码和收发信机 ·····	102
4.2.2 CAP ADSL 的线路编码 ·····	105
4.3 技术标准 ·····	107
4.3.1 DMT ADSL 的技术标准 ·····	107
4.3.2 CAP/QAM ADSL 系统·····	121
4.4 子速率 ADSL ·····	126
4.4.1 子速率 ADSL 的特点 ·····	127
4.4.2 子速率 ADSL 的规范 ·····	131
第 5 章 甚高速 DSL (VDSL) ·····	134
5.1 VDSL 的应用环境·····	134
5.1.1 VDSL 的基本体系结构 ·····	134
5.1.2 VDSL 的串扰 ·····	136
5.1.3 射频干扰 ·····	137
5.1.4 速率和距离 ·····	139
5.1.5 频率分配 ·····	140
5.2 VDSL 的线路编码技术 ·····	141
5.2.1 CAP/QAM 方式的 VDSL ·····	141
5.2.2 DMT 方法的 VDSL ·····	145
5.3 VDSL 的标准 ·····	147
5.3.1 标准化组织和机构及其工作范围 ·····	148
5.3.2 VDSL 标准提案 ·····	150
5.4 CAP/QAM VDSL 的规范 ·····	153
5.4.1 参考模型 ·····	153
5.4.2 PMD 子层和 TC 子层·····	154
5.4.3 VDSL 的 OAM ·····	157
第 6 章 ATM 网络协议 ·····	163
6.1 ATM 网络的基本概念·····	163
6.1.1 ATM 信元 ·····	164

6.1.2	ATM 网络的基本运行过程	165
6.1.3	虚信道连接和虚通道连接	166
6.2	ATM 协议参考模型	167
6.2.1	分层模型	167
6.2.2	多平面模型	172
6.3	ATM 层的功能和协议	174
6.3.1	ATM 信元格式和编码	174
6.3.2	UNI 的 ATM 层功能	178
6.3.3	ATM 层的交换	179
6.3.4	ATM 层的操作、维护和管理	181
6.4	AAL 层的功能和协议	182
6.4.1	AAL 的功能	182
6.4.2	AAL 服务类别和类型	184
6.4.3	AAL 类型	185
6.5	ATM 业务流量管理	194
6.5.1	基于连接的业务流量管理	195
6.5.2	基于逐个信元的管理	196
6.5.3	业务流量协定	198
第 7 章 ATM 交换和信令		202
7.1	ATM 交换原理	202
7.1.1	交换需求	203
7.1.2	空分交换和时分交换	203
7.1.3	数字交叉连接	204
7.1.4	交换织构	205
7.1.5	基本交换模块	207
7.2	ATM 交换技术和织构	210
7.2.1	时分交换织构	210
7.2.2	纵横式交换	211
7.2.3	Banyan 和 Delta 交换网络	213

7.3	UNI 信令	217
7.3.1	用户网络接口的信令体系结构	217
7.3.2	Q.2931 信令协议	219
7.3.3	信令适配	228
7.4	NNI 信令	232
7.4.1	公共信道信令和 B-ISUP	233
7.4.2	B-ISUP 的消息和参数	235
7.4.3	UNI 和 NNI 的信令互操作	238
第 8 章 ATM 话音(VOA)传送技术		243
8.1	VOA 基本原理	243
8.1.1	分组话音技术	243
8.1.2	VTOA 技术方案	247
8.2	话音编码技术	248
8.2.1	脉码调制 (PCM)	249
8.2.2	自适应差分脉码调制 (ADPCM)	251
8.2.3	低速率话音编码技术	252
8.3	适配技术	255
8.3.1	电路仿真 (CES) 的适配技术及规范	256
8.3.2	结构化 CES 的适配技术及规范	258
8.3.3	动态带宽电路仿真的适配技术及规范	261
8.3.4	经由 AAL2 的适配	264
8.4	信令互通技术	271
8.4.1	AAL1 中继的信令互通	271
8.4.2	AAL2 中继的信令互通	277
第 9 章 SDH 与 ATM 的接口技术		286
9.1	SDH 的基本原理	286
9.1.1	速率与帧结构	287
9.1.2	开销及其功能	290
9.1.3	同步复用和映射	293

9.2 SDH 与 ATM 的接口规范·····	296
9.2.1 ATM 信元的映射方法和需求·····	296
9.2.2 ATM 信元映射进入 VC-3/VC-4 的规范·····	297
9.2.3 ATM 信元映射进入 VC-12 的规范·····	297
9.2.4 ATM 信元映射进入 VC-4-Xc 的规范·····	298
第 10 章 IP 接入技术 ·····	300
10.1 IP 接入一般原理·····	300
10.1.1 IP 接入的功能要求·····	300
10.1.2 IP 接入网参考模型·····	302
10.1.3 IP 接入方式·····	304
10.2 PPP 协议·····	309
10.2.1 PPP 协议功能·····	309
10.2.2 PPP 帧封装结构·····	311
10.2.3 LCP·····	318
10.3 AAA 协议·····	323
10.3.1 AAA 网络结构·····	323
10.3.2 认证协议·····	324
10.3.3 RADIUS 协议·····	326
10.3.4 Diameter 协议·····	328
10.4 L2TP 隧道协议·····	330
10.4.1 网络环境和协议结构·····	330
10.4.2 消息格式和类型·····	332
10.4.3 协议操作过程·····	336
10.5 ADSL 宽带 IP 接入·····	339
10.5.1 IP over ADSL·····	340
10.5.2 ATM over ADSL·····	340
10.6 IPSec 安全协议·····	342
10.6.1 IPSec 体系结构·····	342
10.6.2 认证头 (AH)·····	349

10.6.3	封装安全载荷 (ESP)	350
10.6.4	密钥和安全协定管理	351
10.7	IP 数据流旁路技术	353
10.7.1	问题的提出	353
10.7.2	IP 数据流识别	356
10.7.3	IP 数据流旁路网络结构	358
第 11 章	IP 电话技术和协议	361
11.1	IP 电话关键技术和结构模型	361
11.1.1	IP 电话关键技术	361
11.1.2	IP 电话结构模型	367
11.2	RTP 和 RTCP 协议	370
11.2.1	协议设计思想	370
11.2.2	RTP 协议	371
11.2.3	RTCP 协议	376
11.3	H.323 系统技术和协议	382
11.3.1	系统概述	382
11.3.2	RAS 协议	386
11.3.3	呼叫信令协议	390
11.3.4	媒体控制协议(H.245)	401
11.4	SIP 系统技术和协议	407
11.4.1	SIP 系统概述	407
11.4.2	SDP 协议	410
11.4.3	SIP 协议	415
第 12 章	媒体网关控制协议 (H.248)	425
12.1	分离网关技术	425
12.1.1	分离网关基本思想	425
12.1.2	分离网关网络结构	427
12.1.3	网关控制协议	429
12.2	网关对象及其描述	430

12.2.1	连接模型	430
12.2.2	关联域	432
12.2.3	终端	432
12.3	终端特性描述语	434
12.3.1	概述	434
12.3.2	媒体描述	437
12.3.3	事件描述语	439
12.3.4	数字映像	440
12.3.5	信号描述	443
12.4	网关控制命令	444
12.4.1	H.248 命令集	444
12.4.2	事务通信方式	449
12.4.3	消息结构和传送	451
12.5	呼叫控制流程示例	455
12.5.1	初始化过程	456
12.5.2	呼叫建立过程	459
12.5.3	呼叫释放过程	471
第 13 章	MPLS 技术和协议	475
13.1	技术发展背景	475
13.1.1	IP/ATM 结合技术演进	475
13.1.2	重迭模型	479
13.1.3	集成模型	481
13.2	标记交换基本技术	484
13.2.1	一般路由技术	484
13.2.2	转发技术	487
13.2.3	控制技术	490
13.2.4	边缘设备	499
13.3	多协议标记交换	500
13.3.1	标记分配和分发	500

13.3.2	标记结构和标记栈	505
13.3.3	标记分发协议	510
13.3.4	VC 合并	514
13.3.5	环路检测和预防	516
13.3.6	多播	520
13.4	QoS 技术	523
13.4.1	综合服务	523
13.4.2	区分服务	527
13.4.3	MPLS 网络的 RSVP 实现机制	530
13.4.4	MPLS 网络的区分服务	532
第 14 章	Siemens 网络演进策略	537
14.1	概述	537
14.2	EWSD 超强节点	542
14.3	SURPASS 计划	547
第 15 章	SURPASS 系统	551
15.1	SURPASS 系统结构	551
15.2	hiA	557
15.3	hiG	563
15.4	hiQ	569
15.5	hiS	586
15.6	hiR	591
15.7	Net Manager	593
15.8	演进实施方案	595
15.8.1	网络演进方案	596
15.8.2	设备演进方案	599
15.8.3	业务演进方案	602
缩略语		607

第 1 章 电信网技术发展和演进策略

1.1 电信业务和技术的发展趋势

1.1.1 网络业务数据化趋势

自 1876 年贝尔发明电话以来,电信网始终是电话业务占主导地位,并以电话交换为主导技术。进入 20 世纪 90 年代后,电信网业务结构发生了极大的变化。全球传统电话业务的年增长率为 5%~10%,而数据业务的年增长率高达 25%~40%,呈指数式增长,特别是 20 世纪 90 年代中期以来,随着 WWW 业务的问世,IP 业务是每 6~12 个月翻一番,比著名的摩尔定律指出的 CPU 性能价格比每 18 个月翻一番的速度还要快 1.5~3 倍。预测至本世纪初,全球的数据业务量将超过电话业务量,将会出现电信业 100 多年来的一个历史性转折点:传统电话业务将成为副业,数据业务将为主业。在此背景下,各国大力投资扩建 IP 网络,增加其带宽,有效地提高了 Internet 传送质量,反过来又促进了 Internet 业务的发展和用户数的增长。至 2000 年全球 Internet 用户数已逾 4 亿,Internet 传送内容也从 E-mail 的低速率普通文本,到 Web 的包括图像的中速率数据,直至如网络游戏或影视等含活动图像的高速率信号。

由此可知,由于 Internet 的高速发展和成功应用,数据业务量不仅将超过电话业务量,而且已进入包括声音和图像在内的多媒体通信领域,传统的电信网和计算机网壁垒分明的界线已被打破。网络业务数据化发展趋势对电信网技术的发展带来了深刻的影响。

1.1.2 网络技术分组化趋势

1. 分组通信技术特点

众所周知，在通信网上有三大交换技术：电路交换、报文交换和分组交换。历史最为悠久、目前广泛应用于公众电话网(PSTN)的就是电路交换技术，它的基本特点是为通信双方固定分配一条具有固定带宽的通信电路，在数字网中电路带宽为 64kbit/s。一次通信包括三个过程：建立电路、通话和释放电路，其中电路建立和释放需要信令的支持。通常将基于电路交换技术的通信网称为电路交换网(SCN-Switched Circuit Network)，它包括模拟和数字的固定电话网和移动电话网。SCN 的特点是可以保证为用户提供足够的带宽，从而确保低时延、低失真的实时通信服务质量(QoS)。其缺点是网络带宽利用率不高，一旦电路被建立后，无论用户是否处于讲话状态，分配的电路始终被占用。

这一问题对于数据通信来说尤为严重，因为数据通信和话音通信有完全不同的特性和要求。首先，数据通信具有很强的突发性，表现为在短时间内会集中产生大量的信息。突发性的定量描述为峰值比特率和平均比特率之比，对于一般的数据传输，突发性可高达 50；对于文件检索和传送，突发性也可达 20。如果采用电路交换，若按峰值速率分配电路带宽，则会造成资源的严重浪费，若按平均速率分配带宽，则会造成大量数据丢失。其次，在数据通信中，大量的数据终端为计算设备，其速率相差很大，而电路交换只能定义若干种标准带宽的电路，因此很难用有限类型的电路将不同类型和速率的数据终端有效地连接起来。另外，一般数据通信的基本要求是数据无差错地传送到对端用户，而对于传送时延则无严格的要求。由于以上原因，在数据通信中没有必要为通信双方事先分配一条独占的电路，而可根据用户的要求和网络可提供的带宽，动态分配带宽，将突发数据按选定的路径逐个节点地接力前传，数据在每个节点的缓冲区中暂存。这就是分组交换的基本思想。